

MEMS麦克风指标解释及测试方法

AN-11-0003

作者: Zhiqiang Wang



MEMS麦克风指标解释及测试方法

摘要

MEMS麦克风主要有模拟MEMS麦克风、数字MEMS麦克风两种，包含诸多性能指标，如模拟麦克风消耗电流（Supply Current）、数字麦克风休眠电流（Sleep Current）、数字麦克风消耗电流（Supply Current）、模拟麦克风输出阻抗（ROUT）、模拟麦克风输出直流（VDC）、数字麦克风输出直流偏置（DC Offset）、信噪比(SNR)、电源抑制（PSR）、电源抑制比（PSRR）和最大声压级（AOP）。本应用笔记主要解释麦克风主要指标及其测试方法。

目录

1. 模拟麦克风消耗电流	2
2. 数字麦克风休眠电流	2
3. 数字麦克风消耗电流	3
4. 模拟麦克风输出阻抗	3
5. 模拟麦克风输出直流	4
6. 数字麦克风输出直流偏置	5
7. 信噪比	5
7.1. 输出灵敏度	6
7.2. 输出噪声	6
8. 电源抑制和电源抑制比	7
9. 最大声压级	9
10. 修订历史	11

MEMS麦克风指标解释及测试方法

1. 模拟麦克风消耗电流

模拟麦克风（AMIC），通常有电源端（VDD）、输出端（OUT）和地（GND）三个PAD。麦克风正常工作时需要给VDD提供工作电压，那么流经VDD的电流称作消耗电流（Supply Current）。测试方法框图如图1所示，通过直流电源（DC Power）或其他供电设备向麦克风VDD端提供工作电压，同时将电流表串联至供电设备和VDD之间，读取电流值。对于模拟麦克风此电流通常小于250uA，且该电流与工作电压大小成正比。

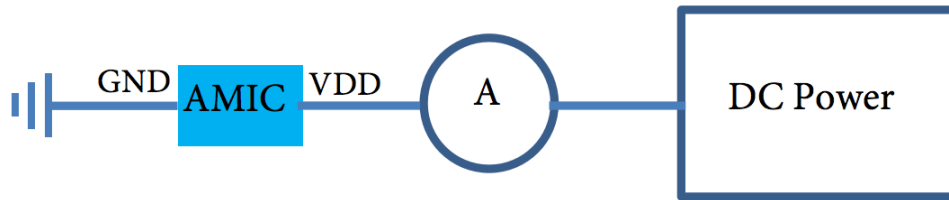


图1 模拟麦克风电流测试框图

2. 数字麦克风休眠电流

数字麦克风（DMIC），通常有电源端（VDD）、输入时钟端（Clock）、输出端（DATA）、左右声道选择端（LR）和地（GND）三个PAD。数字麦克风休眠电流（Sleep Current）定义为给麦克风VDD端提供工作电压，Clock连接GND时，流经VDD的电流。测试方法框图如图2所示，对于数字麦克风此电流通常小于10uA，且该电流与工作电压大小成正比。

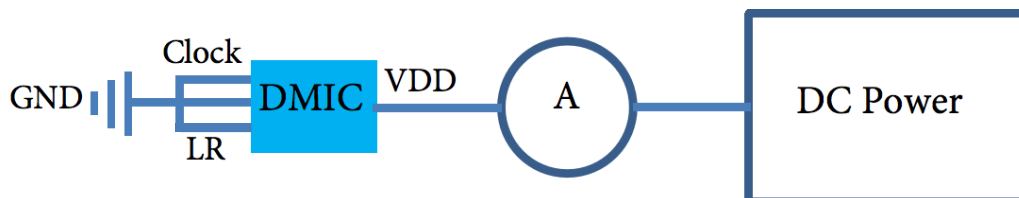


图2 数字麦克风休眠电流测试框图

MEMS麦克风指标解释及测试方法

3. 数字麦克风消耗电流

数字麦克风 (DMIC) ，通常有电源端 (VDD) 、输入时钟端 (Clock) 、输出端 (DATA) 、左右声道选择端 (LR) 和地 (GND) 三个PAD。数字麦克风消耗电流 (Supply Current) 定义为给VDD提供工作电压，Clock提供50%占空比的方波时钟信号如2.4MHz或768kHz时，流经VDD的电流。测试方法框图如图3所示，对于数字麦克风此电流通常小于1000uA@2.4MHz，且该电流与工作电压大小、Clock频率大小成正比。

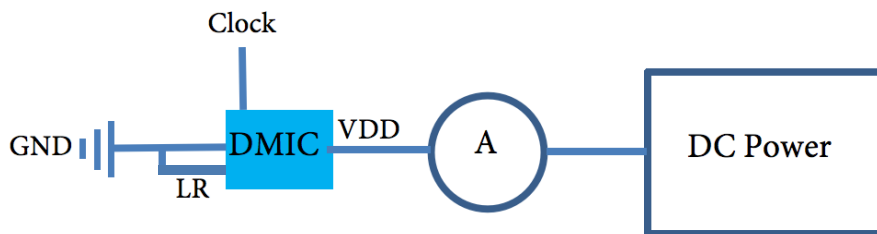


图3 数字麦克风消耗电流测试框图

4. 模拟麦克风输出阻抗

对于AMIC的芯片设计而言，OUT端会有个等效输出阻抗 (R_{OUT}) ，对应用端放大器输入阻抗 (R_{load}) 设计有参考价值。该输出阻抗通常小于400 Ω ，根据信号电阻分压原理， R_{OUT} 若过大，且 R_{load} 设计过低，那么麦克风输出的信号在放大器输入端会被衰减，这是不想看到的，示意图如图4.1所示。该输出阻抗测试方法框图如4.2所示，给麦克风提供94dB SPL声压大小的1kHz Sine激励信号，在不加1uF和滑动变阻器R时示波器测量幅度V，再加入1uF和滑动变阻器R，并调节R使测量幅度变为V的一半，此时的R就为 R_{OUT} 的数值，简称半压测试方法。

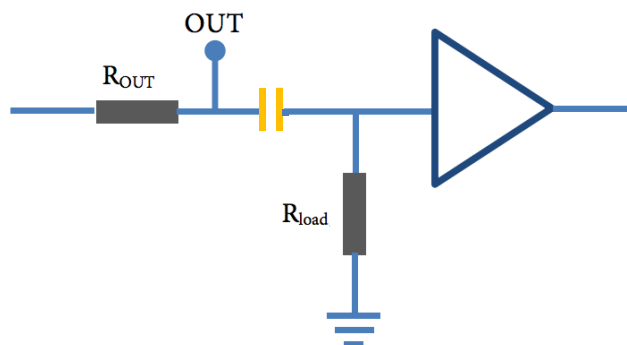


图4.1 应用示意图

MEMS麦克风指标解释及测试方法

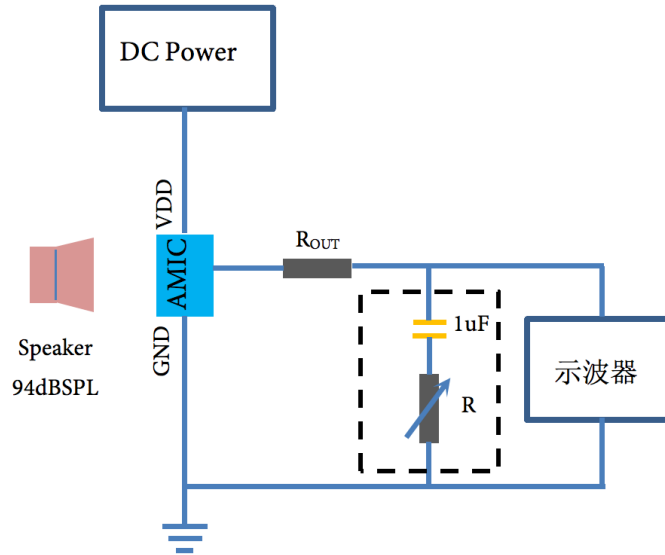


图4.2 输出阻抗测试方法框图

5. 模拟麦克风输出直流

因为模拟麦克风为单电源供电，为了获得尽可能大信号摆幅，输出端会有直流输出。其测量方法极其简单，如图5.2所示，直接使用电压表测量输出端直流值即可。

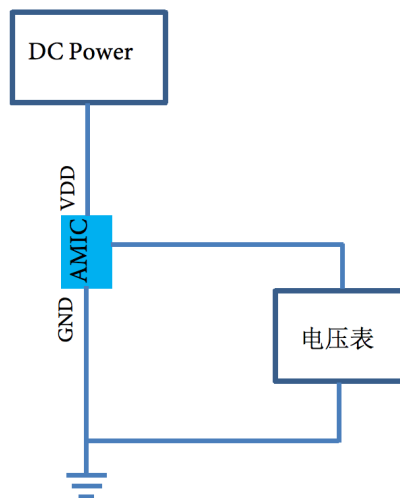


图5 模拟麦克风输出直流测试方法框图

MEMS麦克风指标解释及测试方法

6.数字麦克风输出直流偏置

因为数字麦克风输出信号通常为脉冲密度调整信号（PDM），一段时间内1的密度高代表对应的模拟信号正向幅度越大，反之0的密度越高代表对应的模拟信号负向幅度越大，如图6所示。PDM信号输出直流偏置（DC Offset）可能影响应用端录音效果，所以芯片设计时通常会加高通滤波器将其滤掉。DC Offset测试方法也很简单，采集输出端一段时间的PDM码流（0、1码），将码流乘2减1，得到正负1的码流，再将码流求和就是DC Offset数值，可以简单认为数字信号对应的模拟信号直流偏离0的程度。

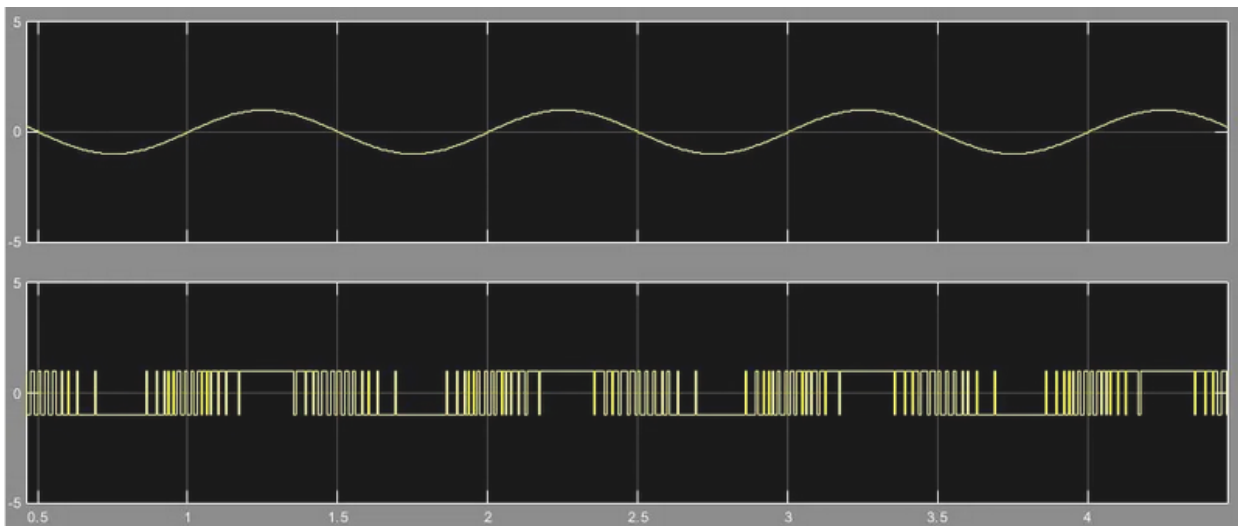


图6 PDM码流

7.信噪比

通常把MIC的输出灵敏度（Sensitivity）与输出噪声（Noise）的比作为信噪比（SNR），通常用dB表示。以dB值计算， $SNR = Sensitivity - Noise$ 。

MEMS麦克风指标解释及测试方法

7.1. 输出灵敏度

对于麦克风，灵敏度定义是在94dB SPL@1kHz Sine的声压水平信号下的麦克风输出信号大小。AMIC通常用dBV来规定，即相对于1.0Vrms的dB值，DMIC通常用dBFS来规定，即相对于满量程数字输出（FS）的dB值。AMIC灵敏度=20log10(Voutrms)，Voutrms是AMIC输出交流信号有效值。DMIC灵敏度=20log10(OUT%FS/OutputREF)，OUT%FS为DMIC输出占满量程的比例，OutputREF为满量程数字输出水平。测试方法如图7.1所示，给麦克风提供94dB SPL声压大小的1kHz Sine激励信号，使用Audio Analyze APx525测试灵敏度数值。

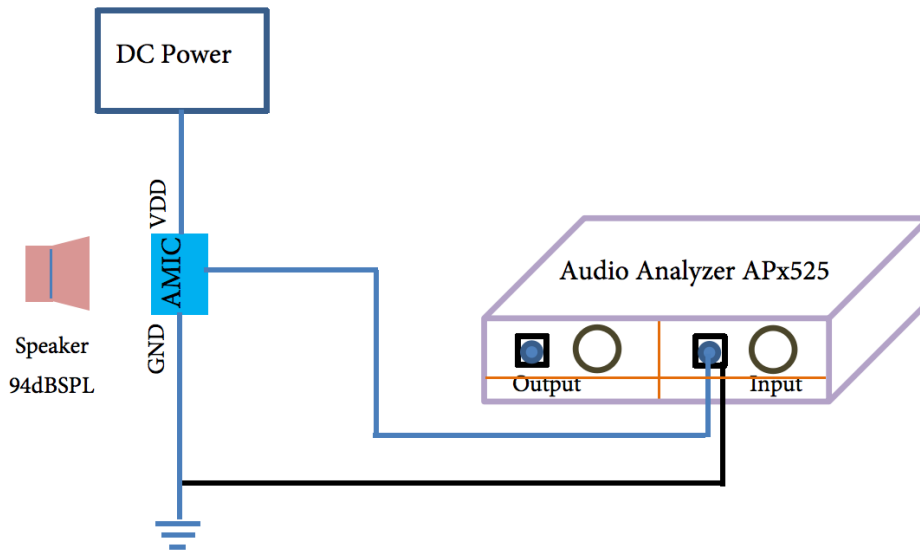


图7.1 灵敏度测试方法框图

7.2. 输出噪声

MEMS麦克风噪声主要来自封装、MEMS芯片和ASIC芯片，三者的噪声能量叠加在一起输出，通常作为麦克风的输出噪声，AMIC通常用dBV(A)表示，DMIC通常用dBFS(A)表示。测试方法，如图7.2所示。MIC放入Anechoic Cavity内，用于屏蔽外界声音干扰，尽可能测量MIC本底噪声，同时向MIC提供Vdd等必要工作条件，用Audio Analyzer APx525测量MIC输出噪声（A-weighted, BW=20Hz-20kHz），可使用AP软件的Noise测试项完成此项测试。

MEMS麦克风指标解释及测试方法

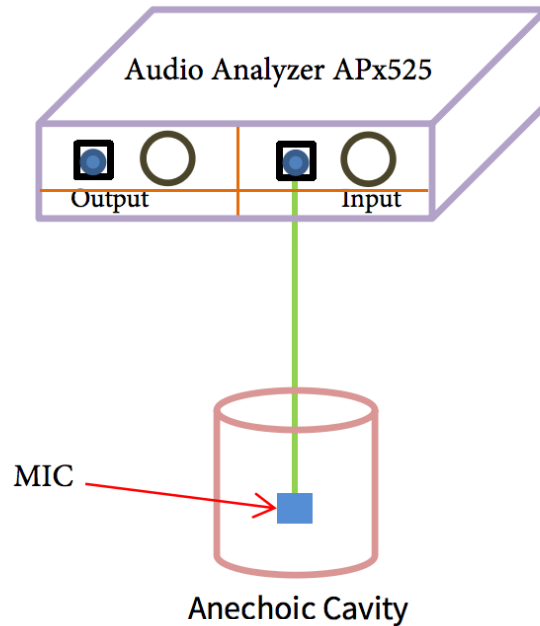


图7.2 输出噪声测试方法框图

8. 电源抑制和电源抑制比

电源抑制（PSR）或电源抑制比（PSRR）是衡量麦克风对电源纹波干扰的抑制能力大小的参数。通常也以dB表示，也可能是正值或是负值，取决于定义为电源电压变化除以输出电压变化，还是相反。PSR测量时，通常将一个217Hz、100mVpp的方波信号施加于麦克风的VDD引脚来进行测试。PSRR测量时，通常将一个1kHz、200mVpp的正弦信号施加于麦克风的VDD引脚来进行测试。PSR/PSRR测试方法如图8.1所示，使用Audio Analyzer APx525的PDM硬件模块，使用AP软件PSR测试项可得到相关数值。图8.2为PSR测试频谱，图8.3为PSRR与频率的关系曲线。

$$PSR=20\log_{10}[1/\text{ripple}(\text{out})] \text{ 或者 } PSR=20\log_{10}[\text{ripple}(\text{out})]$$

$$PSRR=20\log_{10}[\text{ripple}(\text{in})/\text{ripple}(\text{out})] \text{ 或者 } PSRR=20\log_{10}[\text{ripple}(\text{out})/\text{ripple}(\text{in})]$$

MEMS麦克风指标解释及测试方法

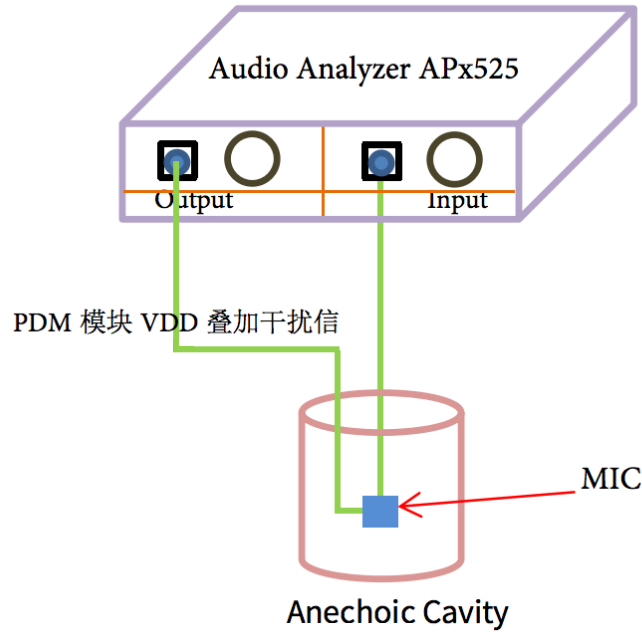


图8.1 PSR/PSRR测试方法框图

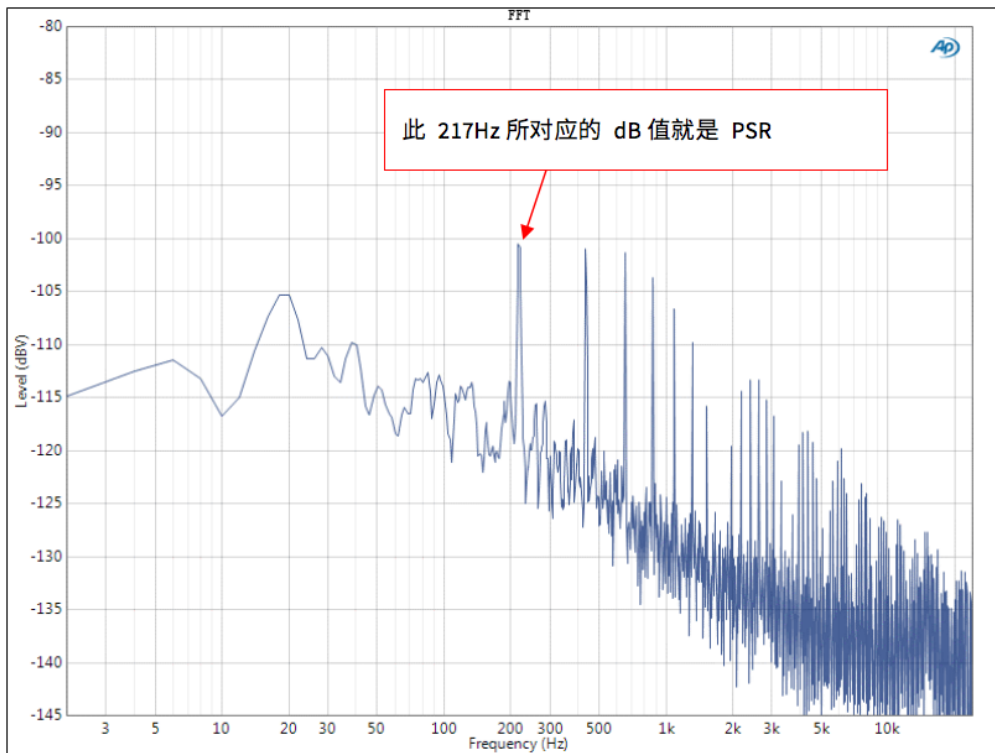


图8.2 PSR测试频谱

MEMS麦克风指标解释及测试方法

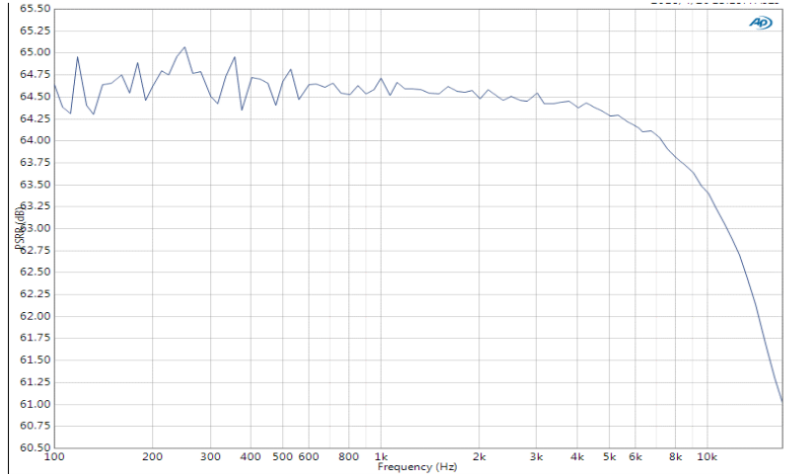


图8.3 PSRR与频率的关系曲线

9. 最大声压级

总谐波失真(THD)衡量在给定纯单音输入信号下输出信号的失真水平，对于麦克风通常用百分比表示。此百分比为基频以上所有谐波频率的功率之和与基频信号功率的比值。THD值越高，说明麦克风输出中存在的谐波水平越高。THD利用基波的谐波能量和除以基波能量来计算，波形畸变和谐波如图9.1和9.2所示，把THD为10%所对应的声压水平作为最大声压级(AOP)

$$THD = \frac{\sum_2^n Power(f_{harmonicx})}{Power(f_{fundamental})}$$

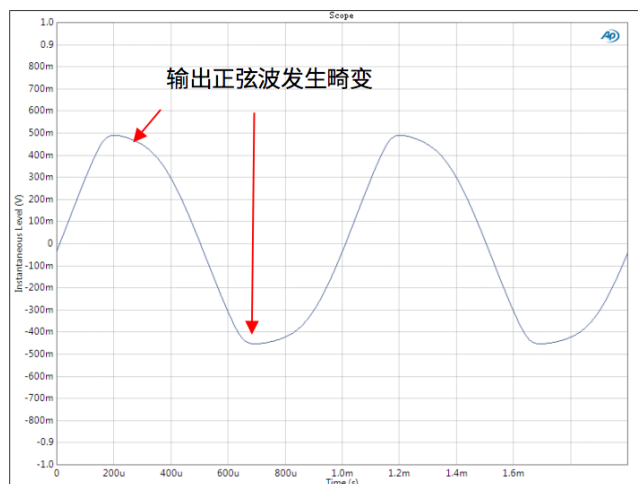


图9.1 波形畸变

MEMS麦克风指标解释及测试方法

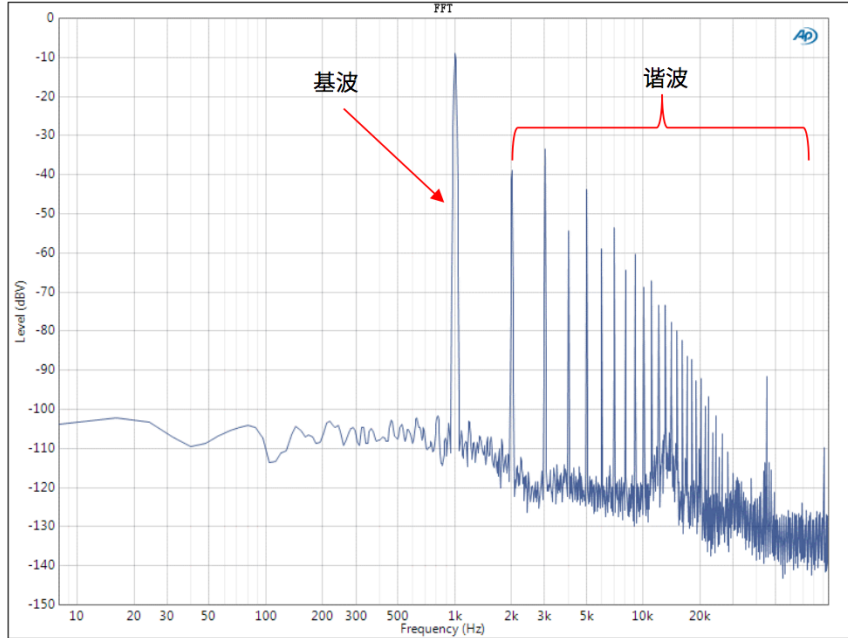


图9.2 基本与谐波

测试方法，如图9.3所示，向MIC提供Vdd等必要工作条件，音频分析仪模拟输出提供Gras 44AA（向MIC提供声音激励信号）驱动信号，可使用AP软件的Stepped Level Sweep测试项完成THD VS SPL测试，取AOP数值。

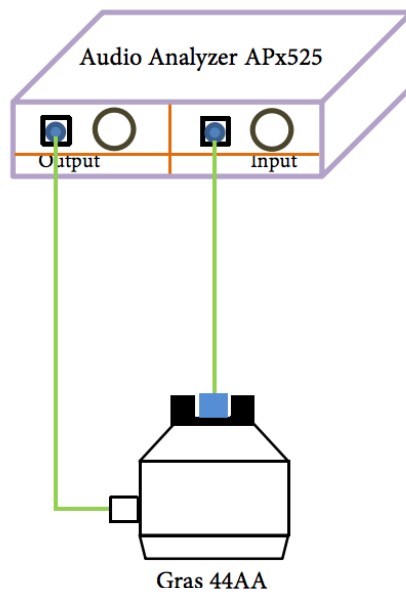


图9.3 AOP测试方法框图

MEMS麦克风指标解释及测试方法

10. 修订历史

版本	描述	作者	日期
1.0	创建应用笔记	Zhiqiang Wang	2023/11/28

销售联系方式: sales@novosns.com; 获取更多信息: www.novosns.com

重要声明

本文件中提供的信息不作为任何明示或暗示的担保或授权，包括但不限于对信息准确性、完整性，产品适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的陈述或保证。

客户应对其使用纳芯微的产品和应用自行负责，并确保应用的安全性。客户认可并同意：尽管任何应用的相关信息或支持仍可能由纳芯微提供，但将在产品及其产品应用中遵守纳芯微产品相关的适用法律、法规和相关要求。

本文件中提供的资源仅供经过技术培训的开发人员使用。纳芯微保留对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其他更改的权利。纳芯微仅授权客户将此资源用于开发所设计的整合了纳芯微产品的相关应用，不视为纳芯微以明示或暗示的方式授予任何知识产权许可。严禁为任何其他用途使用此资源，或对此资源进行未经授权的复制或展示。如因使用此资源而产生任何索赔、损害、成本、损失和债务等，纳芯微对此不承担任何责任。

有关应用、产品、技术的进一步信息，请与纳芯微电子联系（www.novosns.com）。

苏州纳芯微电子股份有限公司版权所有